

IGNIS FUNGUS:

Obtención de fango de EDAR de alto poder calorífico mediante enriquecimiento con hongos oleaginosos

Autor: Francisco J. Navarro. Aguas de Murcia. Plaza Circular, 9 - 30008 Murcia · fnavarrosan@emuasa.es

Coautores: Natividad Moya*, Alicia Gadea*, Elisa Rodríguez**

* Aguas de Murcia. Plaza Circular, 9 - 30008 Murcia

** AQUALOGY. Senda de Granada, 24 - 30110 Murcia

introducción

El objetivo general del proyecto **IGNIS-FUNGUS** (2014-2016) ha sido el desarrollo experimental de un proceso de tratamiento de aguas residuales mediante hongos oleaginosos. Los resultados del proceso son agua con una calidad adecuada para poder ser devuelta al cauce público y una biomasa residual con características adecuadas para ser utilizada como materia prima en producción de un nuevo tipo de biocombustible.

HITO 1. Definición en laboratorio de las condiciones adecuadas para la generación de biomasa fúngica oleaginosa utilizando aguas residuales/fangos de Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) como sustratos.

HITO 2. Evaluación a escala piloto. Diseño y construcción en la EDAR Murcia Este, gestionada por Aguas de Murcia, de una instalación a escala piloto en la que validar los resultados obtenidos a escala laboratorio.

HITO 3. Preparación y caracterización de muestras de combustible a escala laboratorio.

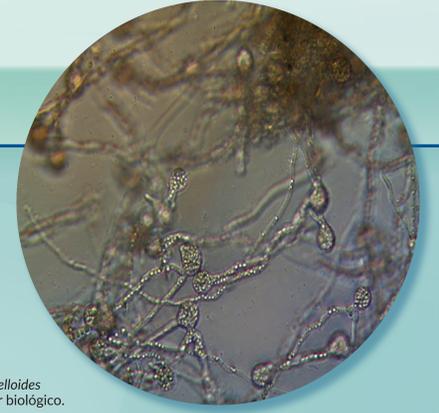


Figura 1. *Mucor circinelloides* en el reactor biológico.

resultados

HITO 1

Se han cultivado 7 estirpes de *Mucor circinelloides* (Figura 1): NRRL3631, CBS969.68, 3629, CBS277.49, WJ11, NRRL1443, CBS172.27, en muestras de agua influente, fango del reactor biológico y agua de salida de la EDAR Murcia Este (Figura 2).

Los resultados obtenidos muestran que: (i) Las estirpes con mejor tasa de crecimiento son WJ11 y CBS172.27 (Figura 2), (ii)

Las tasas de crecimiento del hongo dependen del pH del medio (Figura 3) y del porcentaje de precultivo con respecto al medio inoculado (Figura 4) y (iii) El hongo es capaz de reducir la materia orgánica en el medio (Figura 5).

Figura 2. Crecimiento de *Mucor circinelloides* en las tres corrientes valoradas.

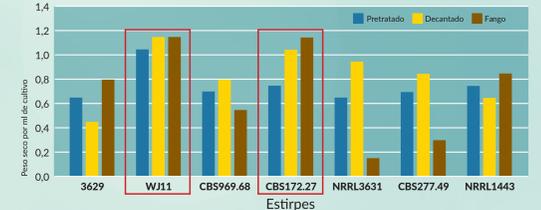


Figura 3. Influencia del pH en la tasa de crecimiento.

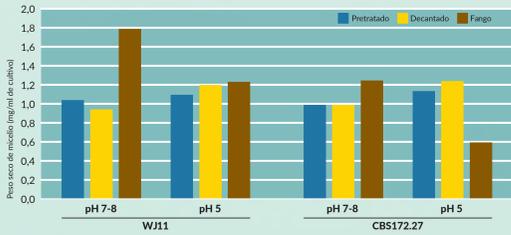


Figura 4. Influencia del porcentaje de precultivo en la tasa de crecimiento.

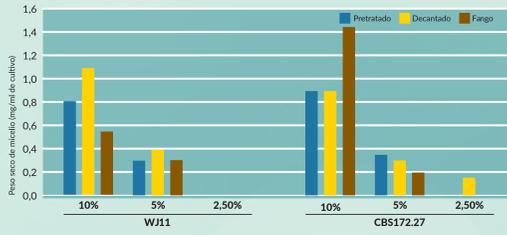
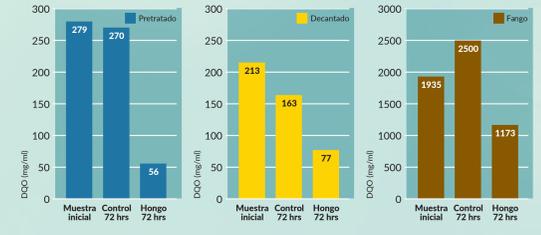


Figura 5. Consumo de DQO en las tres corrientes valoradas.



HITO 2

La planta piloto (Figura 6) construida en 2015, consta de (Tabla 1): (i) Pretratamiento: tamizado, regulación de pH y dosificación de nutrientes (Figura 7), (ii) Tanque de alimentación, (iii) Tratamiento biológico (Figura 8), (iv) Decantación secundaria (Figura 8) y (v) Concentrador de fango. La planta incluye sensores y SCADA (Control de Supervisión y Adquisición de Datos), permitiendo la automatización del proceso.

Las estirpes de *Mucor circinelloides* que se han valorado a escala piloto han sido: WJ11 (Tabla 2 y Tabla 3) y CBS277.49 (Tabla 4 y Tabla 5).

Los parámetros estudiados han sido: (i) En corrientes de agua: Demanda Química de Oxígeno (DQO), pH, Nitrógeno Total (N_T), Amonio (NH₄⁺) y Nitratos (NO₃⁻), y (ii) En corrientes de fango: Materia Seca (MS), Materia Volátil (MV) y Sólidos Suspendidos en el Licor Mezcla (MLSS).

Los criterios de calidad adoptados han sido los definidos en la Autorización de Vertido de la EDAR Murcia Este: (i) DQO < 150 mg/l, (ii) N_T < 30 mg/l, (iii) NH₄⁺ < 15 mg/l y (iv) NO₃⁻ < 15 mg/l.



Figura 6. Vista general de la planta piloto IGNIS-FUNGUS.



Figura 7. Dosificación de reactivos y nutrientes.



Figura 8. Reactor biológico y decantador secundario.

Tabla 1. Principales características de los equipos y unidades instaladas en planta piloto IGNIS-FUNGUS.

Etapa	Unidades	Principales características
PRETRATAMIENTO	Tamiz rotativo	0,5 mm tamaño de paso, F = 210 l/h
	Depósitos para el almacenamiento de base, ácido y nutrientes	V = 100 l; dosificación de la bomba (F = 50 l/h)
ALIMENTACIÓN	Tanque de alimentación	V = 500 l, sonda de pH para regulación
	Bomba	F = 250 l/h
TRATAMIENTO BIOLÓGICO	Biorreactor	V = 1.000 l, sonda de oxígeno (0,1-20 mg/l), y sonda de Temperatura/pH (-5°C -70°C)
DECANTACIÓN SECUNDARIA	Decantador	F = 300 l
CONCENTRADOR DE FANGO	Bomba de recirculación	F = 250 l/h
	Concentrador de fango	V = 50 l

Tabla 2. *Mucor circinelloides* WJ11. Condiciones en las que se han desarrollado los ensayos.

	Caudal entrada (l/día)	pH (ud. pH)	T (°C)	OD (mg/l)
Mes 1	565	7,59	26,0	6,2
Mes 2	847	7,00	25,7	6,1
Mes 3	615	7,49	27,9	6,1

T: Temperatura // OD: Oxígeno Disuelto

Tabla 3. *Mucor circinelloides* WJ11. Resultados de los ensayos.

	DQO (mg/l)		pH (ud. pH)		N _T (mg/l N)		NO ₃ ⁻ (mg/l)		NH ₄ ⁺ (mg/l)	
	i	b	i	b	i	b	i	b	i	b
Mes 1	595	72	7,38	7,59	58	50	1,17	27,0	25,6	7,0
Mes 2	619	82	7,60	7,25	57	44	0,6	2,9	38,3	28,0
Mes 3	524	64	7,80	7,49	73	41	0,4	16,0	46,3	14,0
Rend.	87-88%		14-44%		27-73%					

* Los rendimientos están calculados con los datos del influente (i) y reactor biológico (b)

Tabla 4. *Mucor circinelloides* CBS277.49. Condiciones en las que se han desarrollado los ensayos.

	Caudal entrada (l/día)	pH (ud. pH)	T (°C)	OD (mg/l)
Mes 1	385	7,67	28,1	6,10
Mes 2	891	7,61	26,8	5,39
Mes 3	881	7,64	27,7	4,32

Tabla 5. *Mucor circinelloides* CBS277.49. Resultados de los ensayos.

	DQO (mg/l)		pH (ud. pH)		N _T (mg/l N)		NO ₃ ⁻ (mg/l)		NH ₄ ⁺ (mg/l)	
	i	b	i	b	i	b	i	b	i	b
Mes 1	590	38	7,88	7,64	68	34	0,6	30,0	43,8	0,2
Mes 2	496	35	7,77	7,61	67	35	0,5	28,0	42,4	0,3
Mes 3	540	37	7,89	7,64	69	39	0,4	23,0	41,5	1,4
Rend.	93-94%		43-50%		97-99%					

Tabla 6. Caracterización del fango biológico y espesado.

Estirpe	Fango biológico		Fango espesado	
	SSLM [mg/l]	MS [%]	MS [%]	MV [%]
<i>Mucor circinelloides</i> WJ11	Mes 1	690	5,1	75
	Mes 2	779	5,5	77
	Mes 3	1.279	4,3	77
<i>Mucor circinelloides</i> CBS277.49	Mes 1	1.370	2,2	69
	Mes 2	1.254	5,9	79
	Mes 3	1.032	2,7	70

HITO 3

Las muestras de fango fúngico se han mezclado con 3 tipos de biomasa vegetal (paja de cereal, madera de pino carrasco y cítricos) y 4 tipos de fangos (fango mixto, digerido, activado y fango IGNIS-FUNGUS). A las 7 muestras se les ha determinado (Tabla 7) contenido en humedad, cenizas, Poder Calorífico Superior (PCS), Poder Calorífico Inferior (PCI) y composición elemental: Carbono (C), Hidrógeno (H), Nitrógeno (N) y Azufre (S).

Tabla 7. Caracterización de las muestras de fango y de biomasa vegetal.

Parámetro	Uds.	Paja cereal	Poda pino carrasco	Troncos cítricos	Fango mixto	Fango digerido	Fango de aireación prolongada	Fango IGNIS FUNGUS
Humedad	%	8,1	11,8	9,9	96,8	82,0	97-98	95,3
Cenizas (b.s.)*	%	6,1	0,7	2,9	25,0	33,0	31,0	16,0
PCS (MS)	cal/g	3.954	4.757	4.375	3.623	3.567	3.638	4.458
PCI (MS)	cal/g	3.632	4.397	4.053	3.360	3.298	3.375	4.146
C	%	43,5	54,0	47,7	35,3	33,0	37,2	42,0
H	%	6,0	6,7	6,0	4,9	5,0	4,9	5,8
N	%	0,5	0,2	0,6	4,7	5,0	5,3	7,5
S	%	0,1	0,1	0,1	1,1	2,0	0,9	1,3

* b.s.: base seca

conclusiones

- Se ha demostrado la capacidad del hongo de crecer en aguas residuales, de clarificar el medio y de consumir materia orgánica del agua residual.
- El sistema de depuración propuesto ofrece unos rendimientos elevados en términos de rendimientos de eliminación de DQO y una menor producción de biomasa que sistemas convencionales.
- Mediante las especies de hongo valoradas (WJ11 y CBS277.49) no se han conseguido alcanzar tasas de eliminación de nitrógeno adecuadas. Incumpliendo los límites de NO₃⁻ establecidos en la Autorización de Vertido.
- La caracterización de las corrientes de biomasa y fango ha mostrado que el fango procedente del proceso de tratamiento con hongos es claramente el que mejores propiedades de combustible tiene (mayor PCI y menor producción de cenizas).

agradecimientos



participantes

